



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

NILTON JOSÉ GADELHA MAIA CANTANHEDE

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS USADOS E
INSERVÍVEIS E ALTERNATIVAS PARA SUA REUTILIZAÇÃO**

FORTALEZA

2021

NILTON JOSÉ GADELHA MAIA CANTANHEDE

ESTUDO DA APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS
USADOS E INSERVÍVEIS E ALTERNATIVAS PARA SUA REUTILIZAÇÃO

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará como um dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Professora Marisete Dantas de Aquino

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Cantanhede, Nilton José Gadelha Maia.

Estudo da aplicação da logística reversa de pneus usados e inservíveis e alternativas para sua reutilização /
Nilton José Gadelha Maia Cantanhede. – 2021.
52 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2021.

Orientação: Profa. Dra. Marisete Dantas de Aquino.

1. Reutilização. 2. Resíduos sólidos. 3. Pneus inservíveis. 4. Logística reversa. 5. Construção civil. I. Título.
CDD 620

NILTON JOSÉ GADELHA MAIA CANTANHEDE

ESTUDO DA APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS
USADOS E INSERVÍVEIS E ALTERNATIVAS PARA SUA REUTILIZAÇÃO

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará como um dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Aprovada em: 14 / 04 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marisete Dantas de Aquino – D.Sc. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Haroldo (Examinador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Valquíria (Examinador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

RESUMO

O seguinte trabalho tem por objetivo principal fazer pesquisa qualitativa sobre a Logística Reversa de pneus inservíveis e sua aplicabilidade. Os conceitos de gestão em cadeia de suprimentos e logística reversa estão a cada dia mais presentes em grandes empresas. Isso ocorre devido a importância de fechar a cadeia logística e diminuir gastos. É importante destacar que a logística reversa pode ser utilizada em diversos ramos, sejam eles industriais, corporativos ou construtivos. O aumento dos resíduos gerados pela indústria automobilística, por exemplo, como é o caso dos pneus inservíveis são um problema tanto social quanto econômico, pois, a quantidade de lixo gerado pelo descarte irregular desses materiais é enorme. Por essa análise, essa pesquisa possui a finalidade de abordar sobre a aplicação do sistema de logística reversa no âmbito dos pneus inservíveis, delimitando como esse material pode ser utilizado para a construção civil, tanto como fibras para argamassa de concreto, quanto em formato de pó para servir de matéria prima para pavimentação asfáltica. O método de pesquisa apresentado foi qualitativo, através de uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, recorrendo a diversos artigos, monografias, teses e papers sobre os assuntos abordados. Em última análise, foi feito um capítulo sobre os principais resultados obtidos, para isso, foram utilizadas as ideias centrais de vários autores sobre o tema, finalmente, foi escrito um parágrafo de cunho conclusivo, com as principais conclusões sobre a reutilização de pneus inservíveis.

Palavras-chave: Reutilização. Resíduos sólidos. Pneus inservíveis. Logística reversa. Construção civil.

ABSTRACT

The following work has as main objective to do qualitative research on the Reverse Logistics of waste tires and their applicability. The concepts of supply chain management and reverse logistics are increasingly present in large companies. This is due to the importance of closing the logistics chain and reducing expenses. It is important to highlight that reverse logistics can be used in several branches, be they industrial, corporate or constructive. The increase in waste generated by the automobile industry, for example, as is the case with scrap tires, is both a social and an economic problem, since the amount of waste generated by the irregular disposal of these materials is enormous. For this analysis, this research had the purpose of addressing the application of the reverse logistics system in the scope of waste tires, defining how this material can be used for civil construction, both as fibers for concrete mortar and in powder form. to serve as raw material for asphalt paving. The research method presented was qualitative, through a bibliographic research on the theme, using several articles, monographs, theses and paper on the subjects covered. Ultimately, a chapter was made on the main results obtained, for this, the central ideas of several authors on the topic were used, finally, a conclusive paragraph was written, with the main conclusions on the reuse of waste tires.

Keywords: Reuse; Solid waste; Scrap tires; Reverse logistic; Construction.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	Justificativas	8
1.2	Objetivos	10
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	10
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	A questão ambiental e os resíduos sólidos	11
2.1.1	<i>Os pneus inservíveis</i>	12
2.2	O conceito e aplicação da logística reversa	14
2.3	Canais de distribuição reversos e bens pós-consumo (cdr-pc) e pós venda (cdr-pv)	20
2.4	A importância da logística reversa para o meio ambiente	22
2.5	O desafio da aplicação da logística reversa para o reaproveitamento de resíduos sólidos	24
2.6	O conceito de gestão e cadeia de suprimentos	28
2.7	O problema decorrente da reciclagem de pneus	30
2.8	A logística reversa de pneus inservíveis no Brasil	31
2.9	Logística reversa em Fortaleza	32
2.10	Destinação final dos pneus inservíveis	33
2.10.1	<i>A utilização de pneus inservíveis como argamassa na construção civil</i>	34
2.10.2	<i>Co-processamento</i>	37
2.10.3	<i>Asfalto-Borracha</i>	37
2.10.4	<i>Edificações e contenção de encostas</i>	38
2.10.5	<i>Concreto com borracha de pneu</i>	39
2.10.6	<i>Artefatos de borracha</i>	40
3	METODOLOGIA	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
	REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

Em primeira análise, o setor da construção civil é um dos mais importantes do Brasil, diferentemente do agronegócio, que teve uma revolução com a mecanização dos processos, o setor de desenvolvimento de obras ainda precisa de mão de obra de forma muito mais premente. Dessa forma, a quantidade de dinheiro que essa esfera produtiva injeta no PIB do país é considerável. Logo, essa vertente produtiva tem a capacidade de gerar efeitos na produção, na renda e no emprego, ou seja, é considerado um setor chave. O alto nível de encadeamento com outros setores torna a atividade fundamental para o desenvolvimento econômico brasileiro.

O fato de ser uma atividade preponderante para a diminuição do déficit habitacional e a geração de empregos na economia são os elementos que representam essa relevância para a sociedade brasileira

Um dos mais importantes setores da economia, a construção civil é essencial ao desenvolvimento no país, sendo responsável por mais de 2,327 milhões de empregos diretos e indiretos, de acordo com pesquisa do Sinduscon-SP (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo) e da FGV (Fundação Getúlio Vargas). Em contrapartida, o setor se caracteriza como um dos que mais consomem recursos naturais, desde a produção dos insumos utilizados até a execução da obra e sua operação ao longo de décadas. No Brasil, apropria-se de 75% do que é extraído do meio ambiente.

A obra, localizada em um espaço urbano, já um tanto alterado, à primeira vista não parece causar danos significativos. Mas com um olhar mais atento e crítico pode-se perceber, e prever, danos como a impermeabilização de boa parte do terreno, o impacto visual causado pela obra, poeira e barulho causados, geração de resíduos da construção, entre muitos outros que poderiam ser citados. Principalmente de materiais que demoram muito para se degradarem, como é o caso dos pneus inservíveis.

No contexto da indústria da construção civil a quantidade de resíduos produzidos e despejados na natureza, está chegando cada vez mais a valores preocupante, principalmente quando é atribuído o índice de desperdício histórico de 30%. Nestes resíduos existem uma variedade enorme de materiais, o que em muitos momentos limita sua reutilização.

Sgundo Dos Santos Gonçalves (2011), entre os vários tipos de resíduos da indústria, os resíduos de concreto possuem um dos maiores potenciais de reutilização, devido principalmente ao conhecimento de suas características básicas (Fck, idade) e seu

menor grau de contaminação por outros materiais (vidro, borracha, etc.) quando comparado com outros resíduos. Além disso, os resíduos poliméricos dos pneus também podem ser reutilizados.

Diante disso, uma das possibilidades de destinação desses materiais é reutilização da reciclagem de resíduos sólidos, abrandado para a sigla (RC), como agregado reciclado para produção de concreto. Essa prática, torna o processo de reciclagem do excedente produzido por obras, atenuando a quantidade de lixo. Outrossim, diversos estudos deixam claro que a fomentação desses materiais para a formação de massa de concreto, por exemplo, não interfere nas propriedades químicas e mecânicas do concreto armado, o que torna válida a relevância desse estudo. Os agregados reciclados provenientes de resíduos de concreto, possuem algumas diferenças entre suas propriedades que podem interferir no concreto futuro.

A seguinte pesquisa, por intermédio de uma revisão bibliográfica, irá delimitar os conceitos de logística reversa e a sua aplicação para a reciclagem de resíduos sólidos de pneus. Considerando as suas aplicações para a construção civil, uma vez que esse fator será capaz de diminuir a quantidade de materiais tanto para a formação da argamassa de concreto, quanto para obras de pavimentação, pois, o pneu inservível pode ser utilizado como material para a produção de concreto betuminoso usinado à quente (CBUQ) ou concreto sustentável utilizado em asfalto rígido de baixo impacto.

1.1 Justificativas

Com o crescimento acelerado do capitalismo, em decorrência do processo de industrialização e Globalização da economia, o cenário instável que se encontra o processo de produção mundial é algo que deve ser repensado. Atualmente, as construções não se limitam as grandes potências, pois países pobres ou emergentes são alvos de países desenvolvidos para a estruturação de suas indústrias. Por conseguinte, as obras civis também estão se dispersando, com isso, a quantidade de material utilizado e do extrativismo natural tem crescido de maneira considerável.

O ramo automotivo, associado ao modal rodoviário, é um dos principais causadores da geração de resíduos, pois, os pneus são facilmente descartados, o que torna altamente preocupante essa questão. Além disso, outro fator que gera o acúmulo de resíduos é a construção civil. Portanto, essa pesquisa irá recorrer ao estudo dos pneus

inservíveis, logística reversa e abordar como esses pneus podem ser utilizados na construção civil, tanto para a formação de argamassa, quanto para obras de pavimentação.

Diante do exposto, o processo de produção de qualquer produto colabora para o acúmulo de material considerado por muitos descartáveis, com a construção civil, infelizmente, não é diferente. Apesar da estabilização do crescimento mundial, durante o século XX essa quantidade de pessoas aumento de forma contundente, o que colabora para a criação de novas obras, tanto para aquecer a economia, quanto para o fornecimento de direitos, como a criação de hospitais, escolas e moradia. Tais fatores permeiam o crescimento a produção de matérias de construção, à vista disso há o aumento de resíduos sólidos da construção civil a serem alocados no meio ambiente. No entanto, muitos das vezes esse são alocados em locais inapropriados.

O constante aumento da produção de resíduos sólidos vem causando sérios danos à natureza, pois esses materiais são destinados a aterros de forma indiscriminada e, muitas vezes, esses aterros são clandestinos, além de serem visivelmente não atrativos, eles podem trazer uma série de entraves à saúde da população.

Nesse contexto, podem gerar o acúmulo água, por exemplo, tornando o ambiente propício para a proliferação de ratos, mosquitos e outros animais transmissores de doenças. Outrossim, também, causar a impermeabilização do solo. Com isso, tem-se o assoreamento de córregos e rios, galerias e bueiros entupidos o que pode resultar em enchentes causando transtornos maiores a sociedade e tornar fenômenos naturais, como a inversão térmica, em verdadeiros problemas sociais.

Em decorrência da premente necessidade de atenuar os danos ambientais causados pelos resíduos sólidos da construção civil e a inevitável escassez de recursos naturais, a qual o Brasil e todos os outros países do mundo vêm se encaminhando, faz-se, imprescindível que esses recursos usados na construção civil sejam reaproveitados de forma consciente e responsável, a fim de garantir as gerações futuras condições ideais para sobrevivência (CONAMA, 2002).

Além disso, a necessidade de mitigar gastos, uma vez que, as jazidas de agregados naturais se encontram geograficamente mais distante das obras, e, com a projeção que com o passar dos anos essas fontes estarão cada vez mais escassas, o que altera o preço dos agregados para índices maiores. Depreende a relevância social, ambiental e econômica que a abordagem do reaproveitamento dos resíduos tenha sido cada vez mais discutido e buscado possíveis soluções, embora em passos ainda curtos,

em um país como o Brasil, fator que é absurdo, justamente pela quantidade variada de recursos naturais que o país possui.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Abordar sobre a aplicação da logística reversa na reciclagem de pneus inservíveis, que são materiais altamente danosos para a natureza, contudo, possuem diversas maneiras de serem reutilizados. A enorme quantidade de resíduos de pneus inservíveis, mostra a importância desse estudo, tanto em âmbito ambiental, quanto econômico, pois, a logística reversa se baseia na economia circular, viabilizando economicamente a gestão em cadeia da logística de um produto, aumentando o seu ciclo de vida.

1.2.2 Objetivos específicos

- Abordar sobre a questão ambiental dos resíduos sólidos, contextualizando-a para a realidade dos pneus inservíveis.
- Delimitar os conceitos de gestão em cadeia de suprimentos e logísticas reversa.
- Associar a logística reversa aos pneus inservíveis.
- Citar algumas aplicações da reutilização de pneus inservíveis para a construção civil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A questão ambiental e os resíduos sólidos

Com a Revolução Industrial, o aumento da população e da sua capacidade de produzir, houve um grande avanço na qualidade de vida da sociedade de uma forma geral. Porém, apesar desse avanço, houve também um aumento nos problemas de ordem econômica, social e ambiental.

De acordo com Maia, De Azevedo e Araújo (2018), um dos principais problemas relacionados ao desenvolvimento econômico, é a questão ambiental, através da aceleração da exploração dos recursos naturais, desconsiderando a capacidade de recuperação dos ecossistemas, os problemas sociais gerados e os problemas propriamente econômicos que o atual ritmo econômico impõe. Dessa forma, o debate atual sobre este assunto gira em torno da necessidade de estabelecimento de níveis de crescimento econômico compatíveis com a recuperação de recursos e a sustentabilidade dos mesmos para as próximas gerações (SANTOS, 2018).

Sobre os resíduos sólidos, como determina a norma 8419/1992, no que lhe concerne aos problemas gerados por esses materiais:

A Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (NBR,1992).

Portanto, de acordo com Pereira Neto (2007), a população em sua maioria está cada vez mais preocupada com a questão do meio ambiente, fazendo com que cada vez mais produtos tenham que carregar com eles a imagem de preocupação com o meio ambiente para garantir o sucesso das vendas.

Ainda de acordo com De Freitas et al (2019), as políticas de mudança e leis que zelam e protegem o meio ambiente precisam ser cumpridas e fiscalizadas, caso contrário, de nada adiantam. Ou seja, a política precisa ser cuidadosa e investigativa, que não deixe brechas e que tome providências cabíveis quando necessárias.

2.1.1 Os pneus inservíveis

De acordo com Dos Santos Gonçalves (2019), os pneus inservíveis estão sendo gerados e acumulados em grandes volumes, causando uma ameaça cada vez maior ao meio ambiente. A fim de eliminar o efeito negativo dessas deposições e em termos de desenvolvimento sustentável, há um grande interesse na reciclagem desses resíduos sólidos não perigosos. O potencial de uso de borracha de pneus usados em muitas obras de engenharia civil tem sido estudado há mais de 30 anos

As aplicações onde os pneus podem ser usados e onde a adição de borracha para pneus provou ser eficaz na proteção do meio ambiente e na conservação dos recursos naturais incluem a produção de misturas de cimento, construção de estradas e obras geotécnicas. A reciclagem de pneus nas aplicações mencionadas acima representa um meio adequado de descarte por razões ambientais e econômicas (LESCANO *et al.*, 2017).

O quadro 1 retrata a produção de pneus por categoria, de acordo com a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP) (2017):

Quadro 1: Produção de pneus em modais rodoviários e aeroviários

Produção de pneus (milhares de unidades)						
Categoria	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Carga	7.448,80	7.138,00	8.231,33	7.894,36	6.829,05	7.431,21
Camioneta	8.470,60	8.267,80	9.904,48	8.860,74	8.843,08	10.014,59
Passeio	32.568,20	30.406,40	32.554,32	33.266,71	37.399,85	36.584,87
Moto	16.078,50	14.519,20	15.041,60	15.642,56	14.614,75	12.888,09
Agrícola	793,80	807,20	928,49	873,85	719,49	796,58
Outros	109,70	107,80	103,30	118,42	103,20	105,72
Industrial	1.396,90	1.360,30	2.072,81	2.069,84	120,80	49,29
Avião	60,10	54,00	52,27	50,52	0,79	0,00
Total	67.305,10	66.926,60	62.661,00	68.888,90	68.631,00	76.870,35

Fonte: Christófani (2017).

O descarte ilegal de pneus inservíveis também pode representar um sério problema ambiental, assim como o descarte de pneus inteiros em aterros sanitários. As pilhas de sucata de pneus podem pegar fogo e queimar por longos períodos - às vezes até

anos. As pilhas também provaram ser criadouros sérios para os mosquitos e podem liberar produtos químicos tóxicos para as águas subterrâneas. Além disso, o descarte de pneus inteiros em aterros sanitários cria problemas, pois os pneus tendem a subir à superfície. Para levantar fundos para resolver o problema dos estoques e prevenir problemas futuros, aumentando a reciclagem e o descarte adequado, a gestão em cadeia de suprimentos pode ser um dos pilares para conseguir melhorias nesse processo (KRUPP; DA SILVA; VIEIRA, 2017).

Além disso, outra forma de conseguir bons resultados é utilizar de reembolsos para que as pessoas entreguem os seus pneus inservíveis para a reciclagem, algo que já é uma realidade em diversos países desenvolvidos. A realidade do descarte desses pneus e a contingência de resíduos sólidos gerados pode ser observado na figura 1:

Figura 1: Aspectos ambientais do descarte de pneus inservíveis



Fonte: Christófani (2017).

Mas o conceito de reembolso de depósito ainda se aplica em muitos estados; é apenas implementado de forma diferente. Nesses estados, as receitas arrecadadas por meio de depósitos são utilizadas para subsidiar os processadores de pneus inservíveis ou as vendas de produtos feitos com pneus inservíveis. Em vez de reembolsar os depósitos aos consumidores que devolvem os pneus para reciclagem, o desconto vai para os recicladores reais. Esta abordagem de reembolso de depósito tem algumas virtudes em relação ao sistema tradicional, baseado no varejo (CHRISTÓFANI, 2017).

Ele evita os custos de transação e administrativos associados à coleta e classificação de recicláveis pós-consumo. Além disso, pagar reembolsos aos processadores em vez dos consumidores significa menos transações, o que também reduz os custos administrativos. E incentivar o processamento em vez da coleta pode ajudar a evitar situações em que os materiais são coletados para reciclagem, mas não são realmente reciclados. Os processadores só recebem o subsídio (reembolso) quando compram materiais para processar e vender para uso como insumo na fabricação de um novo produto. Outro ponto importante é a aplicação da matéria prima desses materiais na indústria da construção civil, algo essencial para a redução do seu acúmulo no ambiente e diminuição de gastos em sua cadeia logística (SILVA, *et al.*, 2017).

O próximo capítulo, irá abordar um tópico importante para a reciclagem dos pneus inservíveis, que é a sua aplicação vinculada à logística reversa, que consiste em fechar a cadeia de suprimentos, com os seus métodos baseados na economia circular e no cuidado com o meio ambiente.

2.2 O conceito e aplicação da logística reversa

Como determina o Couto (2017), em seu estudo sobre o tema, a logística reversa não é um sistema que já está bem definido, devido às derradeiras novas possibilidades que essa área pode englobar, além do crescente interesse empresarial e pesquisas entrelaçadas a esse modelo de gestão, o seu conceito ainda está em evolução.

Ainda segundo Couto (2017), a logística reversa é uma área que planeja, opera e faz o controle de fluxo e organiza as informações de um determinado setor. Fazendo um estudo da viabilidade de retorno de pós-venda e também de pós-consumo ao ciclo de negócios ou a própria cadeia de produção, por intermédio da segmentação de canais de distribuição reversos, ou seja, que não vão de encontro ao modelo habitual.

Tornando assim, o modelo de gestão mais eficaz, agregando valores de diversos aspectos, como econômicos, melhoria na prestação de serviços, regimento ambiental, legalidade processual, otimização logística e melhoria da imagem do empreendimento (DE OLIVEIRA, *et al.*, 2020).

Em relação à logística de resíduos sólidos no Brasil, o quadro 2 faz algumas considerações sobre a aplicação dos conceitos de logística reversa:

Quadro 2: Políticas de resíduos sólidos no Brasil

Lei	Decreto	Objetivos
12.305/2010	7.404/2010	Estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos e define regras específicas para o seu gerenciamento, que, por sua vez, está atrelado à execução dos serviços de limpeza urbana, sob a responsabilidade do gerador e do poder público. Trazem regras detalhadas sobre SLR.
11.445/2007	7.217/2010	Legitimou a integração dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário com os de drenagem de águas pluviais, bem como os serviços de limpeza urbana e de manejo de RSU, proporcionando um aspecto intersetorial ao planejamento do saneamento básico.
11.107/2005	6.017/2005	Dispõe sobre a gestão associada, com ênfase nos consórcios públicos, garantindo segurança jurídica, com vistas a alcançar ganho de escala com a redução de custos para a gestão dos seus serviços públicos, dentro dessas possibilidades, os RSU.

Fonte: Couto (2017).

Ademais, segundo Couto (2017), a logística reversa se depreende a qualquer processo de planejamento, segmentação de controle, melhoria na eficiência, redução de custos, matéria prima, organização de estoque e acabamento de produtos, além de um estudo sucinto sobre o consumo, aumentando a agregação de valor.

Diversas são as razões que levam instituições a adequarem os seus modelos de gestão a essa logística, tais como o atendimento a normas de legislação ambiental que impõe as instituições a cuidarem de sua produção de maneira adequada, das vantagens econômicas que a logística reversa pode trazer, tal como o uso de materiais que retornam ao processo de produção (FIGUEIRA; BURI, 2017). Ao invés de fazer uso de meios mais caros de descarte, como é o caso da incineração. O crescimento da mentalidade ambiental, buscar a diferenciação de mercado, proteger e potencializar os seus lucros, e recapturar o valor agregado de ativos.

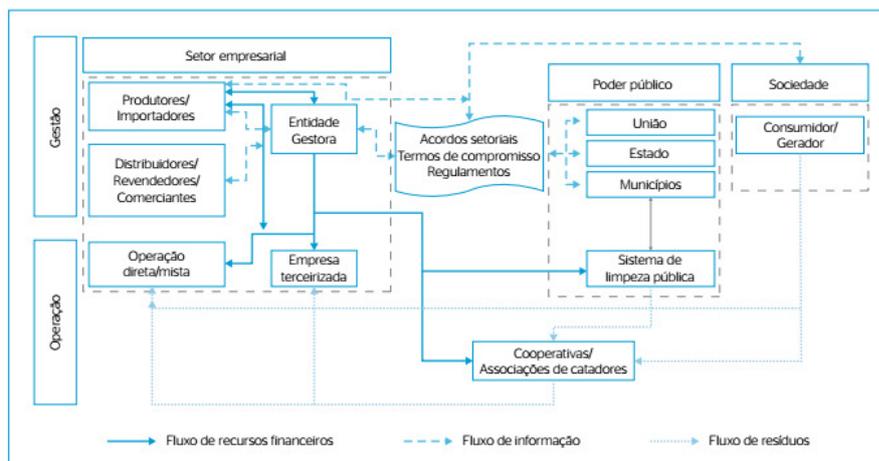
No mesmo contexto, Leite (2002) permeia que a logística reversa serve como um modelo suplementar à logística habitual, pois enquanto a velha prática possui a finalidade de levar produtos até o consumidor final, a logística reversa, tem o papel de dar término a esse ciclo, trazendo de volta os materiais já utilizados dos diversos pontos de consumo que a empresa usufruiu.

Esse processo não é simples, todavia, a aplicação dessa ferramenta pode ser uma solução no que se refere aos resíduos sólidos no Brasil, considerando que a indústria

de pneus inservíveis e a construção civil são os setores que mais acumulam lixo, que podem ser reutilizáveis (VILLELA, 2019)

A figura 2 mostra como funciona as relações entre os setores relacionados à LR:

Figura 2: Setores incorporados ao processo de logística reversa



Fonte: Couto (2017).

Logo, na segmentação da logística reversa, os produtos agora são vistos como potenciais para melhorar a circulação de materiais no empreendimento, atenuando os gastos de forma considerável, fazendo que os mesmos passem por um processo de reciclagem antes do devido descarte. Um dos conceitos que está entrelaçado a logística reversa é o processo de ciclo de vida do produto. Esse ciclo pode ser delimitado em quadro etapas: lançamento, crescimento, maturação, e, por fim, seu declínio (FIGUEIRA, 2017).

Atualmente, o procedimento de logística reversa já é funcional, principalmente em materiais que possuem valor econômico mesmo após o seu desgaste, tais como pilhas, pneus e o poliestireno, não obstante, ainda é pouco utilizada em produtos eletrônicos, que são a nova realidade de lixo nesse século, por fenômenos já abordados, como a curta durabilidade cultural dos produtos.

Além dos aspectos logísticos, Couto (2017) também aborda, em suas pesquisas sobre as questões políticas que envolvem a LR no Brasil. Considerando que os setores industriais e construtivos ainda são altamente conservadores, e que o país é muito burocrático. O quadro 3 elenca alguns desses aspectos:

Quadro 3: Aspectos burocráticos da logística reversa

Categorias	Desafios
Legislação e normatização	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de revisão da legislação em relação às questões de gerenciamento dos resíduos perigosos que estão no SLR. • Necessidade ou não de termo de doação no caso da transferência de resíduos eletroeletrônicos. • Custeio de produtos órfãos. • Complementação de marco regulatório com o objetivo de não favorecer o desenvolvimento de negócios sem o atendimento aos requisitos legais e técnicos relacionados aos SLR. • Estabelecimento de metas para a utilização de matéria-prima secundária.
Aspectos tributários	<ul style="list-style-type: none"> • Definição de critérios para a isenção de tributação da atividade de LR. • Promoção do mercado da reciclagem por meio de incentivos fiscais ao uso de material reciclado, à venda de produtos com conteúdo reciclável ou com <i>design</i> ecológico.
Instrumentos financeiros	<ul style="list-style-type: none"> • Linhas de crédito para investimentos na infraestrutura das recicladoras regionais. • Criar incentivos no mercado para vários atores envolvidos nos SLR.
Controle governamental	<ul style="list-style-type: none"> • Promover a articulação entre fabricantes, importadores, comércio, recicladores e poder público para o alinhamento dos objetivos do SLR, com a criação de instrumentos de controle que garantam a vinculação de todos aos seus respectivos SLR. • Regulamentação dos acordos setoriais, possibilitando a fiscalização dos procedimentos estabelecidos.

Fonte: Couto (2017).

Diante da necessidade de diminuir os impactos ambientais, bem como a procura constante por alternativas mais econômicas do processo produtivo. Surge a ideia de logística reversa. Mas, para entendê-la, primeiro é preciso saber o que é logística. A logística é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (CHAVES; BALISTA; COMPER, 2019).

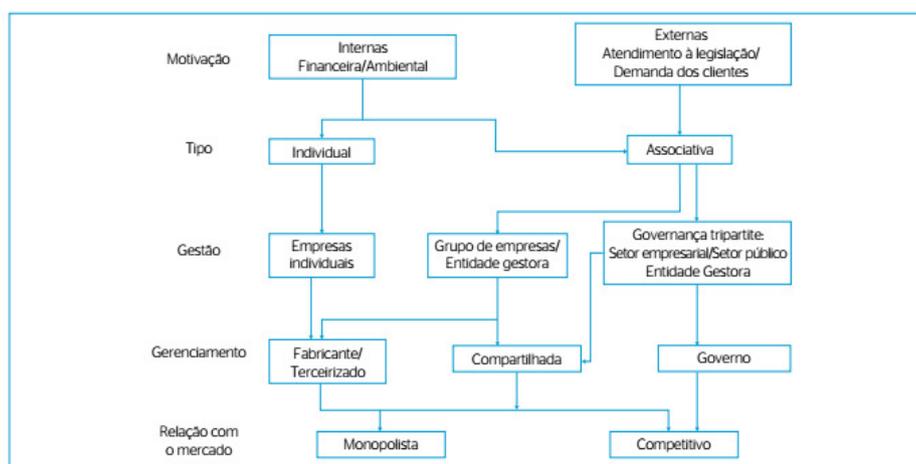
Sendo assim, podemos entender a logística como responsável por grande parte do ciclo produtivo de um produto. Ainda mais, de acordo com Ballou (2006), a definição de logística pode ser entendida como:

Logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender as exigências dos clientes (BALLOU, 2006, p. 27).

Logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender as exigências dos clientes.

Para entender esse conceito, também é necessário compreender os fluxos operacionais relacionados à logística reversa, que podem ser observados na Figura 3:

Figura 3: Fluxos que envolvem o procedimento da logística reversa



Fonte: Couto (2017).

Com a crescente competitividade do mundo globalizado, temos que as empresas estão em busca cada vez mais de novas alternativas produtivas a fim de reduzirem custos ou, de alguma forma, aumentarem os lucros, tornando o processo produtivo mais eficiente.

Dessa maneira, a logística entra com o objetivo de otimização de todo o processo, de forma que haja menos desperdício de insumos, mão de obra e recursos. Sendo assim, a competência logística é alcançada pela coordenação de um projeto de rede, informação, transporte e armazenagem, além de manuseio de materiais e embalagens. Dessa forma, o maior desafio é como gerenciar todas essas áreas citadas acima de maneira eficiente (CHAVES; BALISTA; COMPER, 2019).

Chaves, Balista e Comper (2019), que existem diferenças fundamentais entre logística convencional e seu sistema reverso, como por exemplo: Na cadeia Logística convencional os produtos são puxados pelo sistema, enquanto que na Logística Reversa existe uma combinação entre puxar e empurrar os produtos pela cadeia de suprimentos.

A logística reversa gera impactos na gestão da logística, uma vez que muitos materiais são reaproveitados e voltam ao processo de produção e distribuição. De acordo

com Fernandes (2018), a Logística Reversa é uma parte da logística que tem a preocupação com a volta dos ciclos de produção e comercialização, bens de pós-venda e de pós-consumo, recolocando valores diversos no produto reutilizado, tais como: econômico, ecológico, legal, logístico, de boa imagem, entre outros. O quadro 4 mostra a versatilidade da aplicação dessa logística:

Quadro 4: Ramos de aplicação da logística reversa

Materiais	Atividades da logística reversa
Produtos	Retorno do produto a origem Revenda do produto Venda do produto via outlet Recondicionamento Remanufatura Reciclagem Doação Descarte
Embalagem	Reutilização Reciclagem Descarte

Fonte: Fernandes (2018).

A logística reversa mostra um lado de preocupação com a sociedade e a questão ambiental. Muitas empresas estão utilizando logística reversa estrategicamente como marketing, mudando a forma como alguns clientes veem a empresa. “encontra-se a definição logística reversa: em uma perspectiva de logística de negócios, o termo refere-se ao papel da logística no retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de matérias, disposição de resíduos” (MENDONÇA *et al.*, 2017).

A logística reversa é uma área da logística que visa fazer o processo contrário da logística comum, ela mostra o caminho reverso, ou seja, do cliente final, depois de utilizada, ela volta para o processo de remanufatura, ou reaproveitamento.

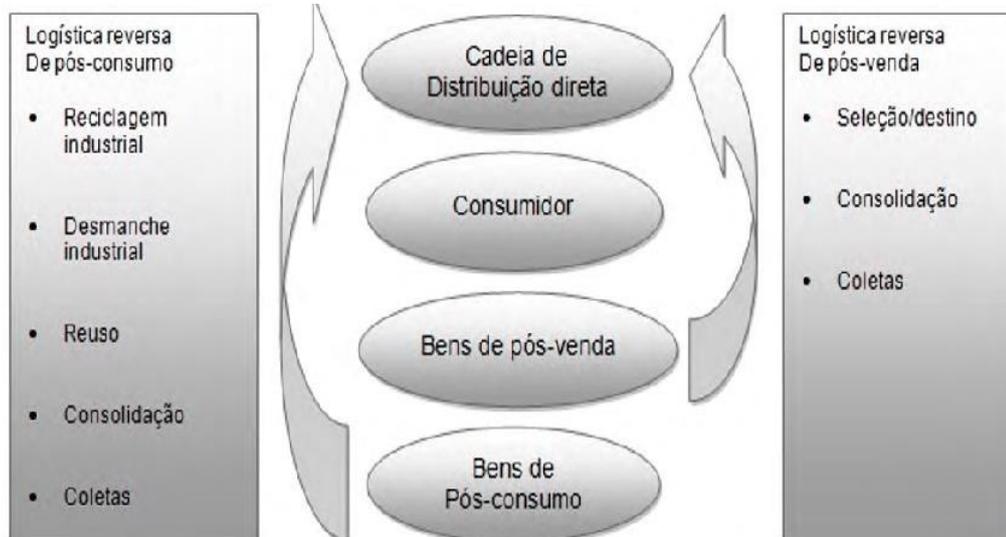
Segundo Mendonça *et al* (2017), o ciclo de vida na cadeia comercial da maioria dos produtos não acaba depois de serem usados pelos consumidores. O produto depois de utilizado pelos consumidores ainda pode oferecer um material rico, aquilo que um consumidor normal às vezes não consegue enxergar, ou não tem o conhecimento necessário para entender que o ciclo de vida do produto ainda não acabou.

Para Mendonça *et al* (2017), devido aos esforços para medir e minimizar o impacto ecológico das atividades logísticas, temos que a logística reversa pode ser chamada de logística ecológica ou até mesmo de logística verde.

De acordo com Figueira e Buri (2017), os canais de distribuição reversos têm sido estudados de forma crescente nos últimos anos, mais precisamente, duas

categorias desses canais de distribuição reversas, definidas como de pós-consumo e de pós-venda. Tais categorias são diferenciadas pelo estágio ou fase do ciclo de vida útil do produto retornado, sendo os processos esquematizados na figura 4:

Figura 4: Logística Reversa – Área de atuação e etapas reversas



Fonte: Leite, 2009

A imagem acima mostra como funciona a aplicação da logística reversa para a cadeia de suprimentos, percebe-se que a reciclagem e o reuso são os pilares dessa prática, assim, o intuito é conseguir tornar a cadeia de suprimentos circular, melhorando assim o sistema de produção e trazendo melhores resultados para o empreendimento.

2.3 Canais de distribuição reversos e bens pós-consumo (cdr-pc) e pós venda (cdr-pv)

De acordo com Leite (2009), os canais de distribuição reversos de pós-consumo são aqueles em que após a utilização do produto, este volte ao ciclo produtivo de alguma forma.

Os canais de distribuição reversos de pós-consumo são constituídos pelo fluxo reverso de uma parcela de produtos e de materiais constituintes originados no descarte dos produtos, após finalizada sua utilidade original, retornam ao ciclo produtivo de alguma maneira. Distinguem-se três subsistemas reversos: os

canais reversos de reuso, de remanufatura e de reciclagem (Leite, 2009, pag.8)

Os bens industriais apresentam vida útil variados, e após essa vida útil, eles são descartados pela sociedade, constituindo assim os produtos de pós-consumo e resíduos sólidos em geral.

Dessa forma, nos casos em que os produtos ainda apresentam condições de uso, esses produtos podem retornar ao mercado como produto de segunda mão, através do canal de 'reúso'. Segundo Leite (2009), o caso mais comum desse tipo de canal reverso é o de veículos em geral, eletrodomésticos, produtos de informática e vestuário.

Ainda de acordo com Leite (2009), nos casos em que os produtos atingem o fim de sua vida útil, há dois grandes sistemas de canais reversos de revalorização: o canal reverso de 'remanufatura' e o de 'reciclagem'.

Caso haja impossibilidade dessas revalorizações, os bens de pós-consumo encontram a 'disposição final' em aterros sanitários ou são incinerados.

Compreende-se então, que o fluxo reverso dos bens de pós-consumo nos canais de distribuição reversos de bens de pós-consumo refere-se a uma parcela do total existente, sendo a outra parte destinada a disposições seguras ou não seguras. Esses produtos ou materiais de pós-consumo, quando não retornam ao ciclo produtivo de alguma forma, em quantidades adequadas, constituem-se em acúmulos que excedem, em alguns casos, as diversas possibilidades e capacidades de 'estocagem', transformando-se 'problemas' ambientais com 'visibilidade' crescente no limiar de nosso século (Fuller e Allen, 1995, p.244; CLM, 1993, p.19;Leite, 1999a)

Dessa forma, é nítida a necessidade cada vez mais da sociedade em geral e das empresas darem importância para os canais reversos de bens de pós-consumo. De acordo com Leite (2009), os canais de distribuição reversos de bens de pós-venda são aqueles em que há pouco ou nenhum uso do produto, de forma que fluem no sentido inverso do processo produtivo.

Os canais de distribuição reversos de pós-venda são constituídos pelas diferentes formas de possibilidades de retorno de uma parcela de produtos, com pouco ou nenhum uso, que fluem no sentido inverso, do consumidor ao varejista ou ao fabricante, do varejista ao fabricante, entre as empresas, motivados por problemas relacionados à qualidade em geral ou a processos comerciais entre empresas, retornando ao ciclo de negócios de alguma maneira (LEITE, 2009, pag.8)

Segundo Leite (2002b), esses produtos de pós-venda retornam por uma variedade de motivos, como por exemplo: término de validade, estoques excessivos no canal de distribuição e por apresentarem problemas de qualidade e defeitos. O conceito também está associado com a utilização e devolução dos produtos são recolhidos após a sua aquisição e são inspecionados para classificação nas diferentes categorias.

O próximo passo é descartar para reparos, remanufatura, reciclagem, reutilização ou descarte final dependendo da decisão tomada para recapturar valor ou descartá-lo. Os processos-chave são identificados como aquisição de produto, coleta, inspeção, classificação e descarte são descritos no seção seguinte.

2.4 A importância da logística reversa para o meio ambiente

A pesquisa sobre logística reversa evoluiu ao longo dos anos e os autores definiu logística reversa de maneiras diferentes. A definição mais antiga de logística reversa foi encontrada para ser fornecido pela literatura apresentada, mencionando sobre o reverso fluxo de mercadorias (SILVA; LEONARDO; MACHADO, 2020).

Ademais, o termo logística reversa está diretamente ligado o termo “meio ambiente”. Por essa análise, Silva, Leonardo e Machado (2020), enfatizaram o propósito da logística reversa e estabeleceram a definição mais amplamente aceita como "esse tipo de logística é o processo de planejamento, implementar e controlar o fluxo eficiente e econômico de matéria-prima materiais, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas do ponto de consumo ao ponto de origem para o efeito de valor de recaptura ou descarte adequado ”.

A partir disso, Da Silva (2019), também definiram essa ferramenta de diferentes perspectivas. A definição de logística reversa mudou ao longo do tempo e ampliando seu escopo com o interesse dos pesquisadores. Pesquisadores e profissionais têm dado atenção de forma consistente para as cadeias de suprimentos futuras e ignorou o fluxo reverso das cadeias de suprimentos. O escopo para a frente cadeia de suprimentos

foi estendida para incluir o fluxo reverso de produtos do ponto de consumo de volta à fonte.

Esse método de mudança na cadeia de suprimentos recebeu recentemente uma importância crescente e mais empresas estão adotando-o como uma ferramenta estratégica para a economia benefícios e imagem social corporativa (SOUZA, 2018).

Empreendimentos também perceberam que uma melhor compreensão das devoluções de produtos e a logística eficiente pode fornecer uma vantagem competitiva. Embora muitas indústrias tenham percebido que RL é um necessidade de competitividade sustentável, há uma falta de acordo sobre o tempo de adaptação e implementação do sistema logística reversa (SOUZA, 2018).

A logística reversa tem sido benéfico para algumas organizações como General Motors, Canon, Dell. Além disso, a Kodak é capaz de reutilize até oitenta por cento das peças usadas da câmera. De Oliveira (2020), investigou as possíveis vantagens da implementação da logística reversa na indústria editorial. Além disso, o autor também aborda a linha de montagem de computadores da Dell. Assim como a indústria de eletrônicos na China e explorou os problemas encontrados na implementação de logística reversa.

A pesquisa de De Oliveira (2020), também versa sobre produtos em fim de vida no setor manufatureiro chinês. O sistema de logística reversa também pode ser incorporado para reciclagem e reutilização de embalagens de bebidas. Estudos sobre a implementação da logística reversa têm sido feitos em muitos setores, como a indústria de carpetes, indústria de varejo,, setor de engarrafamento de, indústria de papel, empresas de embalagem, indústria de telefonia celular por, indústria farmacêutica, e bateria reciclagem.

Além disso, o conceito de logística reversa pode ser aplicado partir das perspectivas de planejamento de distribuição, gestão de estoque e produção planejamento. Da Silva (2019) abora sobre o foco no meio ambiente aspectos de transporte, embalagem e compras. Também foram desenvolvidas teorias de implementação bem-sucedida do processo considerando vários fatores estratégicos e operacionais.

2.5 O desafio da aplicação da logística reversa para o reaproveitamento de resíduos sólidos

A dinâmica e o desenvolvimento de métodos para conseguir gerir e implementar atividades que sejam funcionais em qualquer organização, exige a criação ou segmentação de ferramentas que contribuam para o seu funcionamento, algo que não é diferente na gestão ambiental voltada ao lixo. Um desses efeitos é o conceito da logística reversa, que é um dos principais conceitos da cadeia de suprimentos, e que pode ser usado como pauta para reduzir a quantidade de resíduos sólidos através de uma questão embasada na organização e fracionamento, reduzindo a quantidade de matéria dispersada no ambiente e também permitindo uma melhor recuperação desses resíduos (DOS SANTOS; DONATO; DA SILVA, 2018).

A logística reversa pode ser uma aliada em diversos aspectos da gestão ambiental, pois é aplicada a logística de reciclagem, manuseio de resíduos considerados perigosos ou tóxicos e modelagem de novos produtos, através da reciclagem ou da compostagem. Nesse contexto, esse modelo de gestão é relacionado com a minimização do uso de recursos, conhecido como método *Lean*, muito utilizado nos modelos clássicos da administração, reciclagem, substituição de recursos, reutilização de materiais e eliminação de resíduos. (BALLOU, 2008).

Diante do exposto, a logística reversa está relacionada com o planejamento, com a segmentação de um controle efetivo de produção, com o fluxo eficiente de armazenamento de produtos a serem recuperados e com a organização estratégica.

Dessa forma, a logística reversa é considerada como um processo de planejamento, implementação e controle de fluxo de forma eficiente e voltada a economia de materiais, além de estoque relacionado com a produção e produtos em acabamento. Outro ponto relevante, é que esse processo direciona informações relacionadas com o fluxo do consumidor de volta ao produtor, com a finalidade de agregar valor aos produtos. (DAUGHERTY, 2002).

A logística reversa é um processo confluyente com o desenvolvimento sustentável, pois esse modelo de gestão garante a eliminação adequada dos resíduos de maneira socialmente responsável. (COELHO *et al.*, 2017). Portanto, não apenas a recuperação econômica é o carro chefe desse processo, mas também a questão de viabilidade e cuidado ecológico, para atenuar a quantidade de resíduos formados e diminuir custos. (CARRILO, 2016).

A própria definição de logística reversa revela como esse modelo é associado a alguns aspectos da proteção e cuidado com a esfera ambiental, principalmente quando levando em conta o manuseio correto desses materiais. Dessa forma, a logística reversa se conecta com os resíduos, principalmente os materiais que podem ser reutilizados e restaurar a sua função original, e os que podem ter uma eliminação de forma segura.

Fazendo um apanhado geral, e observando as atividades ambientais e econômicas que estão adjuntas à logística reversa, é possível delimitar que esse processo engloba todo o fluxo de resíduos no sistema, com ênfase nos procedimentos de coleta, de processamento, de reuso e do tratamento de maneira segura desses materiais. De forma que esse molde de gestão, é realizado de forma econômica e ecologicamente eficiente e que corroborem à criação de modelos fechados de fluxo de materiais.

Isso permeia que o principal objetivo da logística reversa é organizar os fluxos de todos os tipos de produtos na direção oposta, se comparado ao manuseio clássico desses materiais. Com a intuito de garantir a menor quantidade de resíduos que causem problemas ao meio ambiente e conseguir explorar todo o potencial de reuso que esses materiais proporcionam.

Em primeiro de janeiro de 2012, uma emenda de lei foi criada para a manutenção da limpeza e da ordem de lixo descartado na rua, a partir disso, os municípios passaram a ser obrigados a implementar melhores modelos para gerenciar os seus resíduos. Por essa análise, a logística reversa foi uma das mudanças mais importantes para a segmentação de um sistema de coleta seletiva com melhores resultados. (LACERDA, 2002).

Atualmente, os resíduos são coletados de maneira separada, entre vidro, papel, resíduos biodegradáveis, metais e plásticos. A abrangência de uma coleta separada de lixo é fundamental para que esses materiais sejam devidamente reciclados e reutilizados. Outro grande entrave, é a atenuação dos depósitos em aterros, que, via de regra, possuem frações adequadas para o processo de reciclagem ou outra forma de reutilização, como a recuperação desses compostos para a produção energética (LEITE, 2003).

O maior entrave para a utilização da logística reversa em cidades com “zero desperdício”, é a alta quantidade de resíduos não reutilizáveis que são jogados em aterros por não apresentarem valor ao sistema de produção.

Com o advento da industrialização e da produção em larga escala, a quantidade de lixo jogado no planeta aumentou de forma considerável, fator que resultou,

em grande parte, da enorme quantidade de eletrônicos que começaram a chegar em países emergentes como o Brasil. A partir disso, além da contingência de descartes habituais, como é a questão da agricultura, principalmente do setor de alimentos, os eletrônicos começaram a fazer parte dessa ampla quantidade de materiais desperdiçados. Com o aumento do consumismo, a demanda por esses produtos só tende a aumentar. Assim, o setor produtivo tem criado cada vez mais ferramentas para conseguir contornar essa situação, a fim de conseguir tornar mais fácil o cotidiano e a vida pessoal da população, que são diariamente atingidos por esses problemas. (ROSA, 2010).

Assim, muitos eletrônicos começaram a ser descartados de maneira incorreta, o que ocasionou um grande aumento no descarte de materiais tóxicos, como é o caso de pilhas e baterias. O descarte incorreto desse tipo de resíduo, assim como o hospitalar, é muito prejudicial, essas substâncias não apenas têm problemas para serem degradadas, como esses resíduos causam problemas de saúde para a população, principalmente as de classes inferiores, que não tem o devido acesso a saneamento básico e moradia adequada, como é a população que vive em lixões.

O descarte adequado de lixo é um entrave que deve ser combatido pelas empresas privadas, pelo governo e também da população em geral, é fundamental que todas as esferas sociais se mobilizem para conseguir encerrar o ciclo completo de cada um desses produtos, bem como o seu descarte adequado (BEIRIZ, 2005).

Outro ponto considerável para o crescimento dos resíduos sólidos, é a inconstância que a Globalização tem tomado, antes, a produção em larga escala era restrita a grandes polos industriais, como é o caso dos EUA e a Inglaterra. Todavia, o processo de Globalização tem se mostrado bastante instável e sinuoso. Atualmente, o processo produtivo dos países desenvolvidos tem se fragmentado para os emergentes, tais como a China, ou países pobres como os do continente africano. Diante disso, os processos produtivos como o de substituição de importações, colaboram para a crescente consolidação de indústria de bens de consumo não duráveis nessas nações, fator que colabora para o aumento do descarte de lixo em escala Global. (NOVAES, 2007).

Logo, é preciso que as empresas e o Governo tenham ações técnicas mais efetivas, para conseguirem um descarte adequado do lixo para cada tipo de produto, de modo que os problemas ambientais e sociais causados pelo acúmulo de resíduos não seja um entrave para a população. Para tanto, é fundamental o investimento em pesquisas e a organização de conhecimentos técnicos, além de uma gestão estratégica voltada a esses processos, para que a sua viabilidade econômica também esteja em pauta. Esse trabalho

traz o conceito de logística reversa como forma de atenuar os efeitos ambientais causados pela má gestão de resíduos sólidos, tanto na questão do lixo eletrônico quanto de resíduos habituais. (MANZINI, 2005).

Com a abordagem de uma legislação mais rigorosa e uma aplicação de uma melhor fiscalização traz melhorias notórias na geração de resíduos sólidos e a aplicação da logística reversa nesse processo. No Brasil, as modificações trazidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e seu regulamento, Decreto Nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010, destacam-se a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a logística reversa., trouxe, com o passar dos anos uma série de regulamentações associadas ao gerenciamento e reaproveitamento de resíduos sólidos, e torna obrigatório tanto para os municípios, tanto para os dono e gestores de obras e construtoras, a atribuírem um programa de gerenciamento e reciclagem de resíduos na construção civil. Atualmente, estão presentes leis e regulamentações em todas as esferas: Nacional, estadual e municipal. E até mesmo os agentes que financiam essas obras estão imponto que as premissas propostas por essa resolução sejam atendidas para liberar a verba para essas obras.

A aplicação de um plano integrado de gerenciamento de resíduos em relação ao lixo, tem como finalidade delinear diretrizes, técnicas e procedimentos na criação de programas para a reciclagem de resíduos, visando a reinserção desses materiais reutilizáveis ou recicláveis, contribuindo para a atenuação na geração desses materiais e na fiscalização das conjunturas envolvidas nesse processo. (BRASIL, 2002).

A resolução CONAMA nº 307/2002, passou por algumas mudanças durante os anos, no tocante a implementação de novos resíduos em relação as suas classificações e a criação de Planos Municipais de Resíduos. Essas mudanças estão na CONAMA nº 348/2004, 431/2011 e 448/2012. Resolução CONAMA nº 348/2004: aborda da modificação da Resolução no 307/2002, que retira o amianto em pó e outros desperdícios de amianto na classificação de resíduos. Este aditivo, considerando os aspectos da Organização Mundial da Saúde (OMS) e normas específicas, inclui o amianto em sua classificação, por se tratar de um resíduo prejudicial à saúde, causador doenças degenerativas (BRASIL, 2004).

2.6 O conceito de gestão e cadeia de suprimentos

No ambiente competitivo global de hoje, cada organização quer que sua cadeia de suprimentos seja mais sustentável do ponto de vista econômico, ambiental e social. O sistema tradicional de produção e consumo industrial é baseado no modelo de economia linear.

Segundo Ching (2001, p. 67) o conceito de cadeia de suprimentos é:

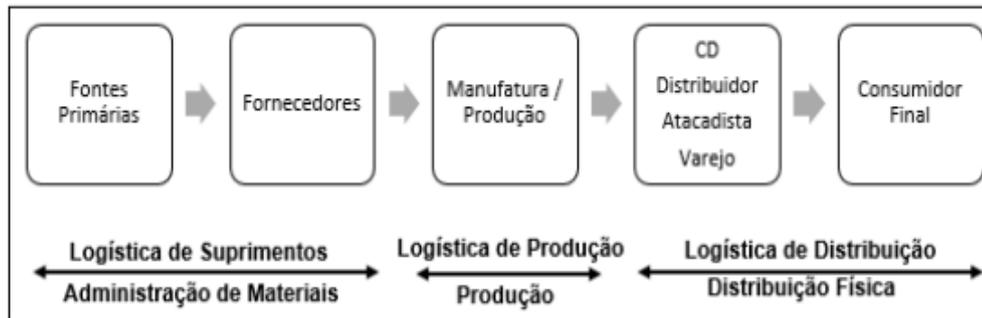
Todo esforço envolvido nos diferentes processos e atividades empresariais que criam valor na forma de produtos e serviços para o consumidor final. A gestão da cadeia de suprimentos é uma forma integrada de planejar e controlar o fluxo de mercadorias, informações e recursos, desde os fornecedores até o cliente final, procurando administrar as relações na cadeia logística de forma cooperativa e para o benefício de todos os envolvidos.

É também conhecida como abordagem de produção e consumo do berço ao consumo. Porém, o modelo de economia linear não se enquadra em ser sustentável, pois gera uma grande quantidade de resíduos. Segundo Guarnieri e Hatakayama, o conceito de GCS pode ser entendido como:

O GCS envolve, além do gerenciamento logístico de forma integrada, estratégias de relacionamentos com fornecedores e clientes visando maior durabilidade nos negócios, por meio de parcerias baseadas na confiança e na colaboração que geram vantagens competitivas. Muitas empresas descobriram que por meio dessas parcerias poderiam melhorar o projeto de produto, estratégias de marketing e de serviço ao cliente, além de encontrar formas mais eficientes de trabalharem juntas.

Além disso, esgota os recursos naturais disponíveis, o que causa escassez de recursos naturais e polui enormemente o meio ambiente.

Figura 5: Logística de um sistema de cadeia de suprimentos

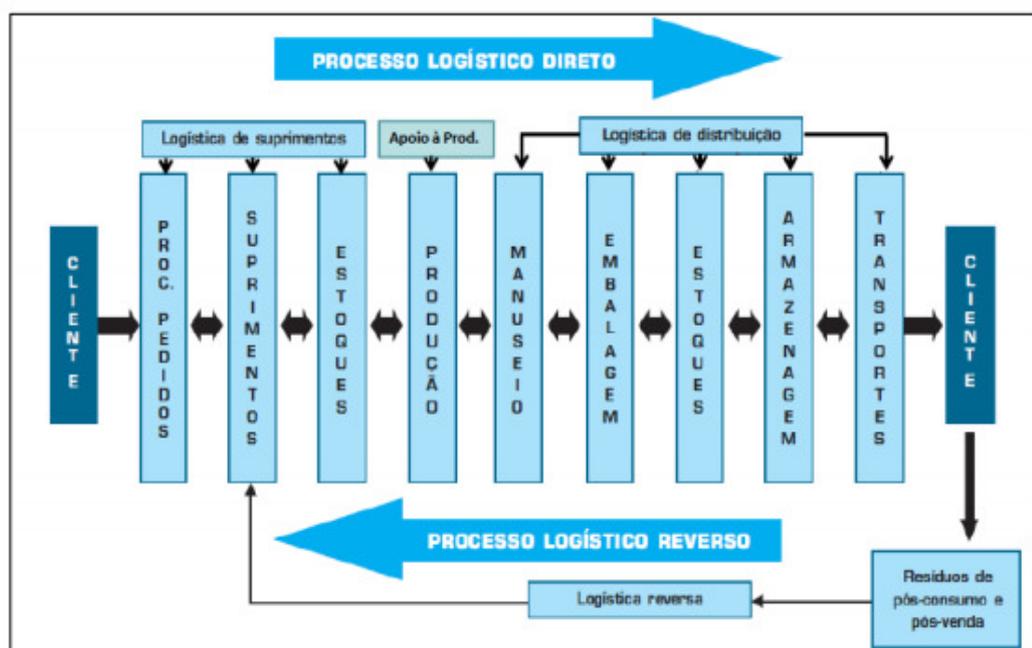


Fonte: Dornier et al (2002).

A comunidade urbana mundial produz cerca de 1,3 bilhão de toneladas de resíduos sólidos a cada ano, que aumentará para 2,2 bilhões de toneladas até 2025. Esta é uma situação desafiadora para todas as organizações de manufatura para mitigar os problemas de geração de resíduos e degradação ambiental. Portanto, para lidar com essas questões, há uma necessidade urgente de mudança para um modo de produção mais sustentável na cadeia de abastecimento (OLIVEIRA, 2010).

A figura 6, mostra as etapas de um processo logístico direto, que é fundamental para a aplicação da GCS:

Figura 6: Processo logístico direto e logística reversa



Fonte: Guarnieri (2006).

Para que esse modelo de gestão funcione, é importante a construção de um elo logístico para a empresa, o que é fomentado por meio do elo individual do sistema logístico. Para isso, é necessário ter conhecimento na localização das instalações, estratégia operacional, gestão dos estoques, utilização de sistemas de informação, manuseio de materiais, tráfego de transporte, métodos de planejamento e controle (BALLOU, 2006).

Para a aplicação de uma cadeia de suprimentos eficiente, de acordo com Ballou (2006), é necessário seguir características do projeto de canal, como rodadas econômicas de produção, estoques e produtos acabados, quantidades econômicas de compras, remessas de grandes volumes e processamento por batelada.

2.7 O problema decorrente da reciclagem de pneus

Com as rápidas mudanças na tecnologia e as subsequentes redução no ciclo de vida dos produtos, os consumidores produzem mais resíduos e produtos descartáveis. Isso levou a sérios problemas ambientais, como o esgotamento rápido de recursos, produção de resíduos mais tóxicos e não tóxicos, poluição do ar e da água, e das Alterações Climáticas (HENKES; RODRIGUES, 2015).

Para destacar o desperdício e o meio ambiente problemas e propor uma solução para tais problemas, pneus são usados como uma das principais fontes de geração de resíduos. As estatísticas mostram que mais de 1.000.000 de toneladas de pneus inservíveis são descartados anualmente em todo o mundo; por exemplo, além disso, esses números não se restringem apenas a grandes potências, mas também a países subdesenvolvidos, como é o caso do Brasil, o que indica o potencial para um enorme problema de eliminação que causa saúde perigos e danos ambientais (HENKES; RODRIGUES, 2015).

O carbono preto e borracha, que fazem parte do conteúdo do pneu, tornam os pneus impróprios para disposição em aterro. Uma análise mais aprofundada da estrutura do pneu revela grandes oportunidades para recauchutagem. Um pneu genérico é composto por duas partes: a carcaça e banda de rodagem. Com o uso prolongado, a superfície do pneu ou banda de rodagem desgasta-se e tende a ficar plano como resultado do contato com a superfície da estrada. Isso torna o pneu impróprio para uso em estrada devido à redução do desempenho e aderência do freio.

A carcaça dos pneus devolvidos tem menos probabilidade de apresentar danos significativos. Assim, existem oportunidades para substituir o piso desgastado por um novo e reduzindo o desperdício. Além disso, uma avaliação do ciclo de vida de produção de pneus novos e reforma de pneus destaca o fato de que a produção de pneus novos consome quatro vezes mais materiais do que a produção de pneus reformados. Além disso, o uso de energia para a produção de um pneu novo é três vezes maior do que a de um reformado pneu (HENKES; RODRIGUES, 2015).

Portanto, a reforma é a chave para reduzir o desperdício e consumo de matéria-prima não renovável. Gerenciar pneus novos e usados de forma eficaz, bem como harmonizar as redes de logística direta e reversa, é um desafio tarefas em uma cadeia de valor para a indústria de pneus. Portanto, uma rede logística adequada é imprescindível para este tipo de indústria. Projetando uma rede GCSeconomicamente otimizada é um pré-requisito para pneus fabricantes não apenas para obter lucro, mas também para diminuir o desperdício, com o objetivo final do desenvolvimento sustentável (MORAIS, 2002).

Além disso, hoje as empresas no mercado competitivo são buscando a configuração ideal de suas cadeias de abastecimento. Na verdade, o projeto da rede da cadeia de suprimentos, ou seja, definir o número, tamanho e localização dos nós de abastecimento, tem atraído grande importância e as empresas estão tentando ter um rede de logística robusta e ágil, que pode ser configurada ou redesenhado com facilidade e precisão para avaliar a probabilidade de distribuição de benefícios financeiros para pneus inservíveis lógica reversa (MORAIS, 2002).

2.8 A logística reversa de pneus inservíveis no Brasil

No Brasil, desde 1999, com a criação da resolução nº416/2009, que fala sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, a logística reversa vem sendo desenvolvida e incentivada pelo CONAMA(Conselho Nacional do Meio Ambiente).

A Resolução Conama nº 416/2009 estabelece que para cada pneu novo comercializado, as empresas fabricantes ou importadoras devem dar destinação adequada a um pneu inservível.

Dessa forma, as empresas participantes da ANIP criaram a Reciclanip em 2007 para ser a entidade responsável pela logística reversa de pneus inservíveis do Brasil.

A Reciclanip é uma referência mundial em logística reversa, sendo a maior da América Latina no setor de pneus, reunindo mais de 1.026 pontos de coleta distribuídos por todo o país. Dessa forma, A ANIP trabalha no Programa Nacional e Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis desde de 1999 e de acordo com a ANIP (2020), desde 1999, mais de 5,23 milhões de toneladas de pneus inservíveis, o equivalente a 1,04 bilhão de pneus de passeio, foram coletados e destinados adequadamente até o final de 2019.

Segundo a Reciclanip (2015), cerca de 70% das mais de 400 mil toneladas de pneus inservíveis recolhidos do País pela Reciclanip são retirados do meio ambiente e transformados em combustível alternativo para 24 unidades de produção de cimento. A reciclagem energética é completada pelo uso da borracha em pisos, tapetes e asfalto borracha, que juntos absorvem os outros 30% do volume coletado em todos os pontos de coleta.

2.9 Logística reversa em Fortaleza

Segundo a Reciclanip(2021), no Ceará há 12 pontos de coletas para pneus inservíveis e usados.

Figura 7: Pontos de coleta da Reciclanip no Ceará



<https://www.reciclanip.org.br/pontos-de-coleta/coleta-no-brasil/?uf=CE#>

Apesar da Lei 12.305 obrigar os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de pneus a estruturar e implementar sistemas de logística reversa de forma

independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, em Fortaleza, segundo Oliveira (2013), tem-se que os pneus inservíveis descartados pelas pequenas borracharias são recolhidos pelos caminhões de lastros, contratados pela Ecofor, por solicitação da Prefeitura Municipal de Fortaleza. A Prefeitura realiza esse trabalho de recolhimento de pneus inservíveis como uma ação preventiva a proliferação do mosquito transmissor da dengue. Dois caminhões, com rotas estabelecidas, passam em pequenas borracharias de cada Regional, pelo menos uma vez por semana, recolhendo os pneus que iriam para o lixo.

De acordo com Maristela Crispim (2019), em junho de 2016, a Prefeitura Municipal de Fortaleza anunciou a criação de uma usina de reciclagem de pneus, no bairro Jangurussu, com capacidade de receber todos os pneus do Norte/Nordeste. Também atuaria com reciclagem de cascas de coco e, partir desse piloto, seriam processados restos de construção civil.

Porém, infelizmente esse projeto, até o momento, não se concretizou, pois, ainda de acordo com Maristela Crispim (2019), a Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos, em resposta à Agência Eco Nordeste, informou que o contrato para esse serviço foi rescindido por descumprimento de prazos por parte da empresa que faria este trabalho.

Maristela Crispim (2019) diz que, desde 2017, o Estado do Ceará conta com uma empresa especializada em dar destinação a esse material. Tal empresa tem capacidade para processar 30 toneladas por dia de pneus inservíveis, porém só processa 30 toneladas por semana.

Maristela Crispim (2019) conta que primeiramente o aço é separado da borracha e é vendido às siderúrgicas, já a borracha, é triturada e vendida à indústria cimenteira para utilização como combustível no processo de fabricação de clínquer.

2.10 Destinação final dos pneus inservíveis

Devido a crescente preocupação ambiental relacionado a disposição inadequada dos pneus inservíveis, e tendo em vista que a borracha do pneu possui características que podem ser utilizados no ramo da Construção Civil, como: baixa densidade, absorção de impacto, capacidade de deformação, durabilidade e impermeabilidade, vários autores passaram a estudar formas de reutilizar os pneus inservíveis em diversos seguimentos, dentre eles na construção civil.

2.10.1 A utilização de pneus inservíveis como argamassa na construção civil

A indústria da construção e seu subsetor de fabricação de materiais não só consomem grandes quantidades de recursos naturais finitos e energia, a geração de resíduos e poluição ambiental daí decorrentes também são enormes. Dos Santos (2020), relatou que a construção a indústria é a maior consumidora de materiais nos Estados Unidos há mais de um século. Portanto, a utilização de medidas para contornar esse problema ambiental são imperativas.

Também foi estimado que mais de 3 bilhões de toneladas de materiais são consumidos na fabricação de materiais de construção em todo o mundo anualmente. Um estudo sobre o uso de energia durante o ciclo de vida de edifícios por Dos Santos (2020) defende que que aproximadamente 15% do uso total de energia da construção foi utilizado durante a fabricação de materiais de construção virgens.

Por outro lado, um estudo relacionado por Pcziczek *et al* (2019), indicou que este o consumo de energia seria reduzido se materiais reciclados fossem usados no lugar de materiais virgens. Portanto, em resposta à crescente preocupação com as atividades da indústria da construção e ao clamor por sustentabilidade material e ambiental nos últimos anos, a indústria tem se esforçado para mitigar suas pegadas ambientais negativas, adotando conceitos de minimização e reaproveitamento de resíduos.

Daí o reaproveitamento de subprodutos da geração térmica, construção e demolição resíduos e etc. como constituintes na fabricação de compostos de cimento ganharam força na maioria dos países desenvolvidos. Desenvolvimento de aplicações à base de cimento para bens pós-consumo de outros setores da economia, como a indústria de fabricação de pneus também tem recebido atenção (TORRES *et al.*, 2017).

Vários estudos de pesquisa de cimento e concreto exploraram aplicações de valor agregado para subprodutos de pneus em fim de vida na indústria de construção, como a utilização de borracha fragmentada e borracha cavacos para melhoria do solo e produção de baixo controle força material à base de solo (Edinçliler *et al.*, 2010), o uso de migalhas borracha como agregado em compósitos de cimento (FERNANDES; DOS REIS, PASSOS, 2019).

Infelizmente, em comparação com investigações sobre compósito de cimento modificado com borracha fragmentada na literatura, apenas alguns estudos examinaram

o potencial de reciclagem do aço que constitui cerca de 14-15% em peso dos pneus inservíveis como material de construção. Portanto, dado que aproximadamente um bilhão de pneus inservíveis são gerados anualmente em todo o mundo (TORRES *et al.*, 2017). De maneira análoga, espera-se que esse número continue aumentando à medida que o mundo e a população e uso de veículos tornam-se maiores, uma utilização potencial opção para fibra de aço de micro sucata de pneu, que tem sido amplamente limitado ao seu escasso valor de reutilização como matéria-prima em fábricas de aço e como matéria-prima de ferro em fábricas de cimento é como um reforço de fibra discreto em compósitos de cimento (FERNANDES; DOS REIS, PASSOS, 2019).

Estudos anteriores confirmaram que as macrofibras de aço melhoram o retração plástica resistência à trinca e resistência mecânica, especialmente a tenacidade pós-trinca à flexão de compósitos de cimento (PCZIECZEK *et al.*, 2019). Portanto, um grande volume de macrofibras de aço virgens de dimensões e geometrias variadas é usado como reforços em materiais à base de cimento anualmente.

Existe um número limitado de estudos sobre as propriedades de resistência mecânica de materiais à base de cimento reforçado pneus inservíveis, e o efeito dos pneus inservíveis sobre o desempenho à corrosão de compósitos destacou os potenciais desses pneus como um reforço discreto em compósitos de cimento. No entanto, em comparação com o desempenho de misturas comerciais reforçadas com macro fibra de aço contendo a mesma fração de volume de fibra, as propriedades mecânicas dos compósitos de cimento reforçado com fibras de aço oriundas de pneus inservíveis relacionadas em alguns dos estudos anteriores foram menores (PCZIECZEK *et al.*, 2019).

Este desempenho de resistência mecânica reduzido é compreensível, dada a dimensão muito curta das fibras de aço oriundas de pneus inservíveis. A hibridização de fibra, que é um conceito que utiliza as diferenças na dimensão ou rigidez da fibra para aumentar sinergicamente as propriedades mecânicas de materiais à base de cimento reforçado com fibra, pode ser usada para melhorar a desvantagem acima mencionada das fibras de aço oriundas de pneus inservíveis. Resultados da pesquisa sobre hibridização de fibra de aço comercial, demonstrados por Kurz et al (2018), mostrou que enquanto as microfibras fazem a ponte e atrasar o micro-cracking, as macrofibras inibem a propagação do macro-crack aumentando assim a tenacidade dos compostos de cimento. Portanto, é possível que o efeito sinérgico de uma combinação híbrida de macro fibra de aço e micro SSF que forneceria um maior número de fibras individuais de tamanho curto por unidade de volume da matriz também poderia melhorar o desempenho mecânico de materiais à

base de cimento. Parece que a ausência de um grande corpo de informações sobre o desempenho dos compósitos de cimento reforçado com fibras de aço oriundas de pneus inservíveis contribuiu para o interesse limitado em seu uso como reforço em compósitos de cimento.

De acordo Kurz *et al* (2018) a escassez de informações sobre as propriedades de eficácia e durabilidade dos materiais reciclados são algumas das razões para a atitude ambivalente da indústria da construção em relação aos subprodutos reciclados.

No entanto, o principal fator parece ser a suposta qualidade inferior e o custo mais alto do fibras de aço oriundas de pneus inservíveis em comparação com a macrofibra de aço comercial virgem (BERNARDI, 2019). Portanto, para despertar o interesse da indústria da construção, o desempenho dos compósitos de cimento reforçado com fibras de aço oriundas de pneus inservíveis precisa ser aprimorado substancialmente a custos mínimos. Portanto, há uma necessidade de estudos destacando as faixas de custo para maximizar os benefícios de desempenho acumulados a partir do uso do fibras de aço oriundas de pneus inservíveis no lugar da macrofibra de aço comercial em materiais à base de cimento, especialmente análises de custo-benefício simples e fáceis de entender que não são oneradas por regionais variação nos custos do material.

A borracha de pneus inservíveis é um dos resíduos mais recentes investigados por seu uso potencial no campo da construção. Tradicionalmente, os pneus são armazenados, despejados ilegalmente ou depositados em aterros. No entanto, nenhum deles é uma solução de longo prazo. Durante as últimas duas décadas, o interesse da pesquisa internacional nas propriedades e usos potenciais do concreto emborrachado (RE) tem crescido continuamente. O principal objetivo de agregar borracha é aumentar a ductilidade do concreto e a capacidade de absorver energia. Este capítulo descreve o conhecimento sobre o papel dos resíduos de borracha no desempenho mecânico e de durabilidade de amostras RC (BERNARDI, 2019).

Os resultados da pesquisa mostraram que, como os agregados são parcialmente substituídos por borracha relativamente mais fraca, uma redução na mecânica é antecipada. No entanto, algumas propriedades de durabilidade do concreto, como congelamento-degelo e resistência à abrasão, são aumentadas com o uso de borrachas residuais no concreto. O uso de borracha de pneu reciclada em misturas de concreto não só faria um bom uso de um material residual e ajudaria a aliviar os problemas de descarte, mas também pode melhorar certas propriedades do concreto para aplicações de projeto particulares (BERNARDI, 2019).

2.10.2 Co-processamento

Segundo Neo Mondo (2017), o coprocessamento é utilizado de duas formas no setor. Uma delas corresponde ao uso de pneus descartados e resíduos triturados de diversos setores industriais – borras oleosas, resinas, látex, materiais impróprios para reuso, tecidos e até coco de babaçu – como alternativa sustentável ao uso do coque de petróleo, combustível não renovável derivado do petróleo. O coque se destina à produção de energia fabril na fabricação do clínquer, uma das principais matérias-primas do cimento e extraído do calcário.

De acordo com a Reciplanip (2021), pelo seu alto poder calorífico, cerca de 70% dos pneus inservíveis são utilizados como combustível alternativo em fornos de cimenteiras, em substituição ao coque de petróleo, sendo assim, o coprocessamento é a melhor alternativa de destruição definitiva de pneus inservíveis. Um único forno, com capacidade de produção diária de mil toneladas de clínquer, pode consumir até cinco mil pneus por dia.

2.10.3 Asfalto-Borracha

De acordo com a Reciclanip (2021), o pó de borracha oriundo da trituração de pneus inservíveis pode ser adicionado à massa asfáltica. O asfalto-borracha tem uma vida útil maior, além de gerar um nível de ruído menor e oferecer maior segurança aos usuários das rodovias.

Segundo Silva e Coêlho (2018), a necessidade de modificação de asfaltos por polímeros é cada vez mais empregada em pavimentos asfálticos por ser uma alternativa de melhorias para o transporte viário, custo manutenção e solucionando os problemas ambientais. As pesquisas e a utilização do Asfalto-Borracha teve início através do estudo de empresa americana desenvolveu um produto que fosse a base do asfalto borracha chamada ramflex.

Ainda de acordo com Silva e Coêlho (2018), a adição de Borracha Moída de Pneu em ligante asfálticos no Brasil ocorreu em agosto de 2001, na rodovia BR-116 no estado do Rio Grande do Sul, trecho Guaíba Camaquã, consolidando o pioneirismo de aplicação desta técnica diferente de outros países, ainda é pouco aplicada em rodovias brasileiras devido à falta de investimentos em pavimentação.

Figura 8: Asfalto borracha em algumas regiões do Brasil.



Fonte: <http://asfaltoborracha.com.br>

2.10.4 Edificações e contenção de encostas

O uso de pneus em muros de contenção não exige mão de obra especializada nem grandes maquinários.

Figura 9: Encosta feita com pneus inservíveis



Fonte: <https://www.totalconstrucao.com.br/muro-de-gravidade/amp/>

De acordo com Granda (2015), experiências feitas pela Fundação Instituto de Geotécnica (Geo-Rio), mostraram bons resultados. Um projeto pioneiro foi realizado em

Jacarepaguá, com 60 metros (m) de comprimento por 4 m de altura que, nesse muro experimental, foram utilizados 15 mil pneus. Outros dois muros com uso de pneus foram erguidos na favela de Rio das Pedras e em Bangu, na zona oeste do Rio de Janeiro.

Segundo Granda (2015), o uso de pneus para a construção de muros de contenção em todo o país está sendo estimulado pela Fundação Instituto de Geotécnica (Geo-Rio), órgão da Secretaria Municipal de Obras da prefeitura do Rio de Janeiro, que elaborou um manual de orientação para os moradores, a fim de que, em um sistema de mutirão, eles possam executar a obra usando a tecnologia.

2.10.5 Concreto com borracha de pneu

Devido à grande preocupação com a questão ambiental da destinação incorreta dos pneus inservíveis, vários autores buscam avaliar o potencial do uso de resíduos de borracha de pneus reciclados para produção de pavimentos de concreto e elementos pré fabricados.

Figura 10: Bloco de concreto adicionado de Borracha de pneus inservíveis



Fonte: MATTIOLI et all (2009)

De acordo com Santos (2005), quando se adiciona fibras ao concreto, é como se provocasse várias costuras entre as infinitas seções que compõem o concreto, combatendo dessa forma as fissuras provocadas por retração.

2.10.6 Artefatos de borracha

De acordo com a Reciclanip (20210), A borracha retirada dos pneus inservíveis dá origem a diversos artefatos, entre os quais tapetes para automóveis, pisos industriais, gramas sintéticas e pisos para quadras poliesportivas.

Figura 11: Aplicação da borracha proveniente de pneus inservíveis



Fonte: <https://cblreciclagem.com.br/produtos/granulado-e-po-de-borracha>

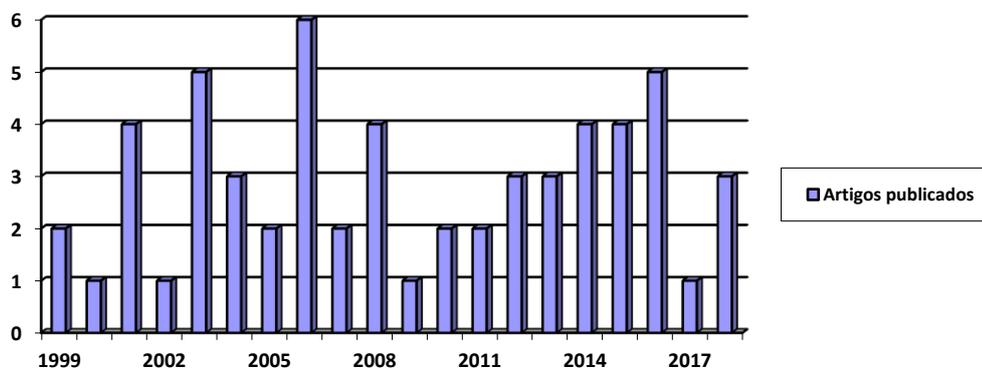
3 METODOLOGIA

Este trabalho tem como metodologia um estudo do tipo qualitativo, uma vez que o embasamento teórico que versa sobre a logística reversa e sua utilização na reciclagem de pneus inservíveis é muito grande e diverso. Tal embasamento faculta sobre uma interpretação subjetiva de uma série de elementos textuais aderidos com rigor científico. Por esse viés, o procedimento técnico dessa metodologia se embasa em uma pesquisa bibliográfica, pois a mesma possui seu alicerce em diversos livros e artigos de autores renomados.

Dessa forma, foi realizada uma pesquisa bibliográfica ampla, onde os dados foram obtidos a partir de consultas em livros, artigos acadêmicos, dissertações, teses, leis, resoluções, relatórios técnicos e publicações em jornais. Tal pesquisa bibliográfica foi desenvolvida de acordo com os parâmetros propostos por Lakatos e Marconi (2012) que abordam as seguintes etapas: a) escolher o tema: A logística reversa e sua aplicação em pneus inservíveis, que foi delimitado nessa pesquisa devido a sua importância no contexto vigente e definição; b) elaborar o plano de estudo: foram delineadas todas as estruturas que deveriam estar presentes nesse estudo, com todas as suas segmentações, bem como a formulação do objetivo; c) identificação seleção de palavras chaves por um conjunto de docentes; d) localização: etapa na qual foi feita a seleção da base de periódicos, os quais foram definidos em conjunto com os docentes supracitados, utilizando-se critérios de impacto das publicações, facilidade de acesso e grau de discussão sobre o tema; e) compilação: as bibliografias foram compiladas por meio de arquivo eletrônico e agrupadas por afinidade em relação ao tema do estudo; f) fichamento: o conteúdo das bibliografias foram organizadas em quadros contendo autor e ano, objetivo do estudo, principais resultados, críticas e o posicionamento do autor em relação ao tema; g) análise e interpretação: a análise utilizada foi a interpretativa com rigor científico; e h) redação: elaborada de forma descritivo-textual, contendo fragmentos textuais que embasam as questões defendidas neste estudo.

Por se tratar de uma análise de cunho qualitativo, é premente a necessidade da organização das publicações que serão utilizadas durante a pesquisa, assim como o seu ano de publicação e autores, para isso, foi elaborado um gráfico para análise e período de publicação dos artigos baseados em logística reversa e lixo. Esse apanhado teórico pode ser visto na figura 12:

Figura 12: Distribuição dos Artigos Encontrados por Ano de publicação – Logística reversa e pneus inservíveis (Google acadêmico).



Fonte: O autor (2021)

Em 2017, foram observados a criação de 2 publicações sobre o tema, com o passar dos anos, essa contingência foi acentuada, por exemplo, em 2006 chegaram a 6 publicações, e em 2016 foram 5. Essa pesquisa demonstra como o processo de logística reversa vem ganhando relevância no meio acadêmico, via de regra, porque os modelos clássicos de gestão não são mais tão eficientes quanto antes. Outro ponto importante, é que a escolha dos autores desse artigo foi embasada em sua atualidade, e também na relevância acadêmica dos mesmos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A maioria das aplicações da vida real envolve incerteza. Similarmente, a incerteza está embutida na cadeia de abastecimento. As incertezas contribuem negativamente para a qualidade das decisões tomadas nos níveis tático estratégico e operacional da cadeia de suprimentos. Porque a gestão em cadeia de suprimentos envolve simultaneamente a alimentação direta e reversa cadeia, é mais incerto e complexo (AQUINO, 2019).

A incerteza em alguns parâmetros da logística reversa, por exemplo demanda, taxa de retorno e taxa de recuperação, torna a estimativa dos parâmetros uma tarefa desafiadora e uma questão importante para a gestão aplicada na com a logística reversa. O estudo de Aquino (2019), fez uma projeção da utilização de resíduos e pneus inservíveis, assim como as formas de reaproveitamento:

Quadro 5: Destinação dos pneus inservíveis em Fortaleza Ceará

Tipo de Destinação	Qtde. Destinada (em t.)	Percentual
CO-PROCESSAMENTO	294.956,94	53,14%
INDUSTRIALIZAÇÃO DO XISTO	7.549,51	1,36%
LAMINAÇÃO	91.714,70	16,52%
RECICLAGEM	160.768,18	28,96%
REGENERAÇÃO	118,28	0,02%
Total Geral	555.107,62	

Fonte: Aquino et al (2019).

Embora a incerteza tenha, foram investigados por relativamente poucos estudos, desenvolvendo esses tipos de modelos com incerteza é uma tendência notaram que faltam modelos logística reversa que lidam com a incerteza. Logo, um projeto de rede cadeia de suprimentos típica para a frente, incluindo um fornecedor, um fabricante, um centro de distribuição, ao longo com o cliente e a cadeia de suprimentos reversa, incluindo um centro de coleta, um centro de recuperação e um centro de reciclagem (OLIVEIRA, 2013).

Pois, a quantidade de pneus a seres reciclados é enorme, portanto, é fundamental um sistema que realize o fechamento da cadeia de produção. Apenas em Fortaleza, o quadro 6 mostra quantidade de pneus enviados em 2015:

Quadro 6: Quantidade de pneus enviados no ano de 2015

	Quantidade aproximada de pneus por carrada	Carradas por trimestre	Toneladas / Pneu	Toneladas
Pneu de Caminhão	770	4	0,056	172,48
Pneu de Carro de Passeio	4000	2	0,005	40,00
Pneu de Caminhonete	1800	1	0,020	36,00
Total aproximado de toneladas por trimestre				248,48
Total aproximado de toneladas por ano				993,92

Fonte: Aquino et al (2019).

Embora muitos estudiosos e pesquisadores tenham estudado vários aspectos do logística reversa de diferentes indústrias e estudos de caso, ou seja, bateria, ferro e aço, cana-de-água de plástico, cartucho e vidro, apenas alguns pesquisadores focaram no desenvolvimento de um modelo para a aplicação dessa ferramenta indústria de pneus. Isto pode-se destacar que não houve tentativa de lidar com incerteza na indústria de pneus (HONEIDE *et al.*, 2020).

A fim de preencher essa lacuna na literatura, este estudo apresentou algumas de formas de aplicar a logística reversa na indústria de pneus. O modelo considera a incerteza na demanda e taxa de retorno e qualidade de produto de retorno que tem impacto significativo na rede configuração. Pois, o reaproveitamento pode ser utilizado em diversos ramos da construção, o que diminui gastos e a geração de outros resíduos.

Além disso, uma visão geral meticulosa da literatura mostra que a maioria dos estudos anteriores investigou o suprimento ideal de pneus problema de configuração da cadeia na cadeia de abastecimento direta ou reversa, um de cada vez (HONEIDE *et al.*, 2020).

Considerando-os separadamente causados resultados abaixo do ideal, porque o desenvolvimento de uma rede de cadeia de produção para pneus inservíveis é uma decisão interdependente em redes de cadeia de abastecimento direta e reversa. Para cobrir a pesquisa identificada gap, neste artigo, desenvolvemos um modelo matemático para otimizar a rede da cadeia de suprimentos direta e reversa simultaneamente. Um modelo matemático fornece uma ferramenta de suporte à decisão para a cadeia de abastecimento de pneus com opções de reforma e reciclagem para escolha a melhor configuração de rede alternativa (VELASCO; RANGEL; SILVA, 2011).

A maior parte do real as aplicações da vida envolvem diferentes tipos de incertezas, tanto as incertezas ambientais quanto as incertezas do sistema. Esta monografia, levando em consideração as incertezas ambientais, se esforça para projetar uma rede logística reversa eficiente para melhor representar as características práticas dos problemas do mundo real. O presente modelo visa maximizar o lucro no que diz respeito à economia de energia e gestão de resíduos (VELASCO; RANGEL; SILVA, 2011).

O estudo mostrou que ainda existem limitações dos resultados, principalmente sobre as vantagens e propriedades da incorporação dos pneus inservíveis como argamassa de concreto e asfalto.

A utilização da logística reversa, durante a análise acima, foi realizada através da reutilização de produtos, nesse caso, os pneus inservíveis podem ser aplicados em diversas áreas, como em pó de asfalto, ou ainda como fibras para a argamassa de concreto. Logo, é um material com propriedades poliméricas, encontrado em larga escala, o que facilita a sua reutilização (BURGOS MENESES, 2018).

A recuperação do produto é um processo que visa reaproveitar o recolhido produtos usados do usuário com o objetivo de minimizar o quantidade de resíduos que é enviada para aterros sanitários. Um tipo de processo de recuperação de produto é a remanufatura, que fornece uma situação em quais produtos antigos podem ser usados como novos, por meio do transporte de alguns operações necessárias, como desmontagem, reforma e operações de substituição (BURGOS MENESES, 2018).

Nesse contexto, Xavier et al (2019) determina que a produção estratégica e gestão de operações para determinar opções de recuperação, como reparo, condicionamento, remanufatura e reciclando. Seu modelo de gestão de recuperação de produto forneceu um sistema para recuperar o valor econômico dos produtos usados tão razoavelmente quanto possível para reduzir a quantidade de resíduos, tanto quanto possível. O que é plausível quanto utilizada a logística reversa com pneus inservíveis.

Portanto, é fundamental que os fabricantes precisam ter um estratégia claramente pensada para coletar produtos do usuário final. Ele propôs o planejamento de produção agregada de remanufaturana forma de um modelo de programação linear para minimizar o custo total de remanufatura levando em consideração a distribuição de entrada da qualidade nominal (XAVIER et al., 2019).

Xavier et al. (2019) forneceu uma revisão e comparou as formas como os pneus usados foram eliminados e recuperados na Europa, particularmente na Itália e Romênia que são dois países com alto índice de destinação de resíduos. Em seu estudo,

vários aspectos dos resíduos e sua potencial recuperação opções, como reconstrução de pneus e recuperação de materiais, foram tidos em consideração.

Além disso, a análise do ciclo de vida foi utilizado como ferramenta de apoio à decisão na literatura. Xavier *et al* (2019), por exemplo, propôs uma análise de decisão multicritério para escolher entre diferentes opções de logística reversa para resíduos de pneus. Além disso, também é necessário implantar um modelo analítico para ajudar os gestores decidir quais produtos devem ser aceitos para remanufatura.

Também é necessário considerar os desafios na coleta dos produtos usados e discutidos como a tecnologia da informação pode amenizar muitas dessas dificuldades. O que pode ser feito por meio de uma análise da cadeia de valor para fechar a cadeia de suprimentos e melhorar a utilização dos resíduos sólidos, além de gerar valor para os agregados, por intermédio dos conceitos aplicados de logística reversa (XAVIER *et al.*, 2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por intermédio de uma revisão bibliográfica, e da análise de uma série de pesquisa internacionais fazendo uso da plataformas para pesquisa de periódicos monografia permeou uma série de conceitos a respeito da aplicação da logística reversa para a reutilização de pneus inservíveis, e a sua concordância com o critério ambiental e econômico, isto posto, foi foram também relacionados outros aspectos sobre a relevância da utilização de agregados reciclados para a estruturação do concreto armado e também a aplicação desses resíduos em obras de infraestrutura como o asfalto.

A ênfase da pesquisa foi demonstrar como a reutilização pode ser um pilar para a melhoria na cadeia de suprimentos de materiais poliméricos, que demoram muito para se degradar. Além disso, a cadeia de transportes brasileira utiliza pneus em larga escala, considerando que esse é o principal modal para o escoamento de produtos.

A pesquisa mostrou que a logística reversa é um dos pilares da nova indústria, pois, as suas aplicações estão relacionadas com a reutilização, reciclagem e redução. Além da mitigação de problemas ambientais, essa gestão de suprimentos é capaz de reduzir os custos de produção, otimizar a produção, e reciclar materiais que seriam descartados, o que torna essa ferramenta um dos principais aspectos da indústria 4.0.

Com os dados coletados, em relação a diversos autores em relação a utilização dos pneus inservíveis para a formação do concreto, foram perceptíveis mudanças em diversas propriedades do concreto. A resistência à compressão do concreto reciclado mostrou-se menor do que o habitual, tanto na análise de pneu contaminado, quanto na análise somente com concreto reciclado. A porosidade do concreto modificado também se mostrou um pouco menos efetiva.

As pesquisas também apontam a utilização desse material, que possui propriedades de um hidrocarboneto, como não ser suscetível à entrada e água em seu espaço intersticial. Obras de estradas possuem um grande valor financeiro, além da utilização de materiais que são nocivos para o meio ambiente. Outro fator é que o concreto betuminoso usinado à quente (CBUQ) é um composto muito caro, portanto, recorrer a materiais que diminuam a sua usinagem é essencial, tanto para a construção civil, quanto para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

___. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 19 de novembro de 2019

___. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução no 307, de 05 de julho de 2002.** Brasília DF, n. 136, 17 de julho de 2002. Seção 1.

___. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004:** Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Agosto, 2004.

___. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 431, de 24 de maio de 2011:** Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Maio, 2011.

___. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 448, de 18 de janeiro de 2012:** Altera os arts. 2o, 4o, 5o, 6o, 8o, 9o, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Janeiro, 2012.

ANIP. Disponível em: <<https://www.anip.org.br/>>. Acesso em: 17 de fev. 2021.

ASFALTO BORRACHA. Disponível em: <<http://asfaltoborracha.com.br>>. Acesso em: 17 de fev. 2021.

AQUINO, Marisete Dantas de et al. **A logística reversa como medida mitigadora para os pneus inservíveis na cidade de Fortaleza.** 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos** - NBR 8419/1992. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial.** São Paulo: Editora Bookman, 2006

BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial:** transportes, administração de materiais e distribuição física. 1. Ed. – 20. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2008.

BEIRIZ, F. A. S. **Gestão ecológica de resíduos eletrônicos - proposta de modelo conceitual de gestão** - Dissertação de mestrado - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005

BERNARDI, Tuani Mathias. **Avaliação do comportamento de argamassas de revestimento com incorporação de pó de borracha de pneu.** 2019.

BRASIL, Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 - **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).**

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 19 de maio de 2019.

BURGOS MENESES, Jorge Michael. **Logística reversa de pneus inservíveis: modelo de otimização para decisões estratégicas e táticas.** 2018.

CBL RECICLAGEM. Disponível em:

<<http://www.cblreciclagem.com.br/produtos/granulado-e-po-de-borracha>>.
Acesso em: 14 fev. 2021.

CHAVES, Gisele de Lorena Diniz; BALISTA, Wagner Cezario; COMPER, Indiana Caliman. Logística reversa: o estado da arte e perspectivas futuras. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 821-831, 2019.

CHRISTÓFANI, Maria Paula Hêngling et al. Aspectos ambientais sobre pneus inservíveis. **Revista Iniciação científica, Tecnológica e Artística, Edição Temática em Sustentabilidade**, n. 7, 2017.

CHING, Yong Y. **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada: supply chain.** São Paulo: Atlas, 1999.

COUTO, Maria Claudia Lima; LANGE, Liséte Celina. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 889-898, 2017.

CRISPIM, Maristela. Eco Nordeste. Disponível em: <

<http://agenciaeconordeste.com.br/pneus-velhos-seguem-por-novos-caminhos-no-ceara/>>.

Acesso em: 14 fev. 2021.

DA SILVA, Caroline Almeida et al. LOGÍSTICA REVERSA COMO INCENTIVO A PRÁTICA DO ARTESANATO. **Anais do Encontro Mãos de Vida**, v. 5, n. 1, 2019.

DA SILVA, Werik Batista et al. A IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA REVERSA NO ÂMBITO ORGANIZACIONAL E SUAS CONTRIBUIÇÕES COM ÊNFASE NA RESPONSABILIDADE AMBIENTAL: UMA ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA. **Encontro de Extensão, Docência e Iniciação Científica (EEDIC)**, v. 6, 2019.

DAUGHERTY, P.J.; AUTRY, C.W.; ELLINGER, A.E. **Reverse logistics: the relationship between resource commitment and program performance.** *Journal of Business Logistics*, v. 22, n. 1, p. 107-123, 2001.

DE FREITAS, Lucas Victor Pereira et al. Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos em uma comunidade rural no estado de Minas Gerais, Brasil. **Nature and Conservation**, v. 12, n. 2, p. 88-95, 2019.

DE OLIVEIRA, Elaine Ferreira et al. Logística reversa: importância econômica, social e ambiental. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 4325-4337, 2020.

DOS SANTOS GONÇALVES, Paulo Vitor et al. Logística reversa de pneus inservíveis: diagnóstico situacional com aplicação de matriz de indicadores de sustentabilidade nos municípios de Belém e Ananindeua, Pará. **Navus: Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 165-181, 2019.

DOS SANTOS, Carlos Alberto Andrade Serra et al. Material compósito de argamassa e polímero: uma opção sustentável para a construção civil e reutilização de pneus inservíveis na cidade de Açailândia, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e538974591-e538974591, 2020.

DOS SANTOS, Ítalo Marinho; DONATO, Claudio José; DA SILVA, Irene Caires. **LOGÍSTICA REVERSA: UM ESTUDO SOBRE A REUTILIZAÇÃO DE PALETES CONTRIBUINDO COM A RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL**, 2018.

FERNANDES, Douglas Vinicius; DOS REIS, Crisleine Zottis; PASSOS, Manuela Gazzoni. **REUTILIZAÇÃO DE BORRACHA DE PNEU, COMO AGREGADO, NA ELABORAÇÃO DE ARGAMASSA**, 2019.

FERNANDES, Sheila Mendes et al. Revisão sistemática da literatura sobre as formas de mensuração do desempenho da logística reversa. **Gestão & Produção**, v. 25, n. 1, p. 175-190, 2018.

FIGUEIRA, Agostinho Augusto; BURI, Marcos Roberto. Os benefícios da utilização do Sistema Warehouse Management System na cadeia de logística reversa no Brasil. **Exacta**, v. 15, n. 2, p. 245-257, 2017.

GANDRA, Alana. Agência Brasil. Disponível em: <
<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-11/pneus-podem-ser-base-de-muros-de-contencao-de-encostas-no-pais/>>.
Acesso em: 14 fev. 2021.

HENKES, Jairo Afonso; RODRIGUES, Cristiano Millani. Reciclagem de pneus: atitude ambiental aliada à estratégia econômica. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 448-473, 2015.

HONEIDE DE ALMEIDA ATARÃO, Cândido M. et al. A logística reversa de pneus inservíveis em Santa Maria-RS. **Desarrollo Local Sostenible**, n. diciembre, 2020.

KRUPP, Ramon; DA SILVA, Rafael Mozart; VIEIRA, Guilherme Bergmann Borges. A Logística reversa de pós-consumo: um estudo de caso na Cooperativa Cootre de Esteio-RS. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 1, p. 72-86, 2017.

KURZ, Mônica Navarini et al. A potencialidade do uso de resíduo de borracha de pneu em argamassa: análise das propriedades físicas e mecânicas. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, n. 3, 2018.

LACERDA, L. **Logística Reversa** - uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas Operacionais. Revista Tecnológica, pp.46-50 Jan, 2002.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2009.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa** - Meio ambiente e competitividade. Paulo: Editora Pearson, 2003.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, (2005., p.16-17).

LESCANO, César Augusto Agurto et al. Gerenciamento de pneus inservíveis: estudo da reciclagem e destinação. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 10, n. 6, 2017.

MAIA, Angela Luzia Aguiar; DE AZEVEDO, Eline Barros; ARAÚJO, Nailsa Maria Souza. **A questão ambiental no capitalismo: o destino dos resíduos sólidos na gestão pública do meio ambiente/The environmental question in capitalism: the fate of solid waste in public management of the environment**. **Libertas**, v. 18, n. 2, 2018.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. São Paulo: EDUSP, 2005.

MATTIOLI, Leonardo Miranda Laborne *et al.* **Plano de gerenciamento integrado de resíduos pneumáticos – PGIRPN**. Belo Horizonte : [s.n], 2009

MENDONÇA, Jane Corrêa Alves et al. Logística reversa no brasil: um estudo sobre o mecanismo ambiental, a responsabilidade social corporativa e as legislações pertinentes. **Revista Capital Científico-Eletrônica (RCCe)-ISSN 2177-4153**, v. 15, n. 2, p. 130-147, 2017.

MONDO, Neo. Meio Ambiente. Disponível em: <
<http://www.neomundo.org.br/2017/05/01/coprocessamento-avanca-374-na-industria-cimenteira-do-brasil-em-14-anos/>>.
Acesso em: 14 fev. 2021.

MORAIS, Carla Mayumi Passerotti de. **Reciclagem de pneus-viabilidade de aplicação de alternativas para utilização de pneus usados em grande escala**. 2002.

NETRO, Z.G.C., ÁLVAREZ, J.E.M., CARRILLO, A.C., FLORES, R.G. **Solid waste management in Mexico's offshore platform construction: determining potential supply for a reverse logistics process.** *Netnomics* 17, 71–94. 2016.

NOVAES, Antônio Galvão. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição.** reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2007.

OLIVEIRA, R. M. A. **Logística Reversa de Pneus Inservíveis na Cidade de Fortaleza.** 2013. 50 f. (Graduação em Engenharia Civil - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

PCZIECZEK, Adriane et al. Análise estatística de propriedades mecânicas de argamassas com cinza volante e resíduo de borracha de pneus. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 12, n. 4, p. 790-811, 2019.

PEREIRA NETO, J. T. **Gerenciamento do Lixo Urbano: aspectos técnicos e operacional.** Viçosa, MG: Ed. UFV, 129 p., 2007.

RECICLANIP. Disponível em: <<http://www.reciclanip.com.br>>. Acesso em: 07 abr. 2021.

ROSA, Rodrigo de Alvarenga. **Gestão Logística.** Brasília: CAPES, 2010.

SANTOS, João Paulo de Oliveira et al. Economia circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos. **Resíduos sólidos: Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular.** Recife: EDUFRPE, p. 8-17, 2018.

Santos, A. C. (2005) "**Avaliação do comportamento do concreto com adição de borracha obtida a partir da reciclagem de pneus com aplicação em placas pré-moldadas**", Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Maceió.

SILVA, Ana Paula et al. Fabricação de pavimentos intertravados (pavers) utilizando resíduos de borracha de pneus inservíveis e resíduos da construção civil (RCC) como agregado miúdo. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 565, 2017.

SILVA, Fabiane Santos; LEONARDO, Ana Paula; MACHADO, Sivanilza Teixeira. A importância da logística reversa de materiais eletroeletrônicos (e-lixo) alinhados a educação: um estudo de caso na Coopermiti. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 88388-88407, 2020.

SILVA, Gabriella. COÊLHO, Mauro Frank Oguino. **Uso do asfalto borracha na pavimentação de rodovias.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 11, Vol. 01, pp. 96-117 Novembro de 2018.

SOUZA, Camilla Ortega Almeida de. **A importância da logística reversa para a obtenção de vantagem competitiva entre as organizações e a contribuição para preservação do meio ambiente.** 2018.

TORRES, Leidian Aragão et al. **Uso de resíduo de pneus inservíveis** em substituição ao agregado fino em argamassa de revestimento. **Engineering Sciences**, v. 5, n. 1, p. 14-23, 2017.

TOTAL CONSTRUÇÃO. Disponível em: < <https://www.totalconstrucao.com.br/muro-de-gravidade/amp/>>
Acesso em: 01 abr. 2021.

VELASCO, Mileine Henriques Elias; RANGEL, Fábio Nunes; SILVA, Simone Vasconcelos. **A contribuição da Logística Reversa na Reutilização de Pneus Inservíveis**. ENFEpro, 2011.

VILLELA, Gabrielle Oliveira Muinos; SILVA, Fábio Braun. A logística reversa de pneus. **Revista Vianna Sapiens**, v. 10, n. 1, p. 17-17, 2019.

XAVIER, Ana Paula et al. Logística reversa de pneus usados e inservíveis. **Revista Eletrônica Ciências Empresarias**, v. 11, n. 15, p. 78-91, 2019.